



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 25 521 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 02 P 6/08

21 Aktenzeichen: 197 25 521.3  
22 Anmeldetag: 17. 6. 97  
43 Offenlegungstag: 24. 12. 98

DE 197 25 521 A 1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE  
  
74 Vertreter:  
Jeck . Fleck . Herrmann Patentanwälte, 71665  
Vaihingen

72 Erfinder:  
Bernauer, Christof, 76596 Forbach, DE; Krauth,  
Wolfgang, 77855 Achern, DE  
  
56 Entgegenhaltungen:  
DE 41 32 881 A1  
US 55 32 559  
EP 03 43 363 A2

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Elektronisch kommutierter Motor

57 Die Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierten Motor mit einem mehrere Wicklungsstränge tragenden Stator und einem Rotor, bei dem die Ansteuerung der einzelnen Wicklungsstränge über Leistungsstufen in zeitlich versetzten Perioden erfolgt, die in Ansteuerzeit und Pausenzeit unterteilt sind. Zur Reduzierung der Verlustleistung in den Leistungsstufen und damit zur Erhöhung des Wirkungsgrades gerade im Bereich hoher Ströme wird vorgesehen, daß die Ansteuerzeiten in einen Anfangszeitabschnitt und einen Endzeitabschnitt unterteilt sind und daß bei kleinen Motorströmen nur in den Anfangs- oder Endzeitabschnitten in Pulsweitenmodulation getaktet wird, während bei hohen Strömen in den Anfangszeitabständen und zusätzlich in den Endzeitabschnitten mehr oder weniger lange oder in den Endzeitabschnitten und zusätzlich in den Anfangszeitabschnitten mehr oder weniger lange vollständig durchgeschaltet wird.

DE 197 25 521 A 1

Die Erfindung betrifft einen elektronisch kommutierten Motor mit einem mehrere Wicklungsstränge tragenden Stator und einem Rotor, bei dem die Ansteuerung der einzelnen Wicklungsstränge über Leistungsendstufen in zeitlich versetzten Perioden erfolgt, die in Ansteuerzeit und Pausenzeit unterteilt sind.

Bei den bekannten elektronisch kommutierten Motoren dieser Art erfolgt die Beeinflussung der Motorabgabeleistung durch das Takten der Leistungsendstufen mittels Pulsweitenmodulation oder durch Variation der Einschaltdauer der Leistungsendstufen. Üblicherweise wird dabei der Strom über den gesamten Zeitraum der Ansteuerung getaktet oder in der Einschaltdauer verändert. Dies führt bei hohen Motorströmen zu hohen Schaltverlusten welche etwa quadratisch mit dem Strom zunehmen. Diese hohen Schaltverluste verringern den Motorwirkungsgrad und bringen andererseits eine erhebliche thermische Belastung für die Leistungsendstufen, die häufig auch zum Ausfall des verwendeten elektronischen Schaltelementes der Leistungsendstufen führen kann.

Es ist Aufgabe der Erfindung, für einen elektronisch kommutierten Motor der eingangs erwähnten Art, die Ansteuerung der Leistungsendstufen so zu verbessern, daß gerade bei hohen Motorströmen die hohen Schaltverluste und damit eine erhöhte Belastung der Leistungsendstufen vermieden werden kann.

Diese Aufgabe wird nach der Erfindung zum einen dadurch gelöst, daß die Ansteuerzeiten in einen Anfangszeitabschnitt und einen Endzeitabschnitt unterteilt sind, daß bei kleinen Motorströmen die Leistungsendstufen in den Anfangszeitabschnitten nur mittels Pulsweitenmodulation getaktet werden und daß bei hohen Motorströmen in den Endzeitabschnitten die Leistungsendstufen zusätzlich mit mehr oder weniger großer Einschaltdauer vollständig durchgeschaltet werden, oder zum anderen auch dadurch, daß die Ansteuerzeiten in einen Anfangszeitabschnitt und einen Endzeitabschnitt unterteilt sind, daß bei kleinen Motorströmen die Leistungsendstufen in den Endzeitabschnitten mittels Pulsweitenmodulation getaktet werden und daß bei hohen Motorströmen die Leistungsendstufen in den gesamten Endzeitabschnitten zusätzlich in den Anfangszeitabschnitten mit mehr oder weniger großer Einschaltdauer vollständig durchgeschaltet werden.

Bei dieser Ausgestaltung wird die Pulsweitenmodulation nur im Anfangszeitabschnitt oder dem Endzeitabschnitt der Ansteuerzeit durchgeführt, und zwar mit einer bei zunehmendem Motorstrom zunehmenden Pulsweite. Bei hohen Motorströmen wird an den Anfangszeitabschnitt oder den Endzeitabschnitt eine eine zusätzliche Einschaltdauer angehängt, die mit zunehmendem Motorstrom vergrößert wird und schließlich den gesamten Endzeitabschnitt oder Anfangszeitabschnitt umfassen kann. Dabei ist während des Anfangs- oder Endzeitabschnittes und während der zusätzlichen Einschaltdauer die Leistungsendstufe vollständig durchgeschaltet, um Schaltverluste zu vermeiden.

Die beiden Betriebsarten kleiner und hoher Strom lassen sich am einfachsten dadurch trennen, daß die Bereiche mit kleinen und hohen Motorströmen durch Vorgabe eines bestimmten Stromwertes unterschieden sind, wobei mit zunehmendem kleinen Strom die Pulsweite erhöht und mit zunehmendem hohem Strom die Einschaltdauer vergrößert wird.

Ist nach einer Ausgestaltung vorgesehen, daß sich die Ansteuerzeiten der Perioden für die Leistungsendstufen mit ihren Anfangszeitabschnitten zum Teil überlappen und nur in den nichtüberlappenden Teilabschnitten getaktet werden,

dann überlappen sich die einzelnen Wicklungsströme nicht und im Gesamtstrom tritt keine Lücke auf, wenn bei hohen Strömen dafür Sorge getragen ist, daß sich die Einschaltdauer unmittelbar an den Anfangszeitabschnitt anschließt und sich mehr oder weniger über den Endzeitabschnitt erstreckt.

Vorzugsweise werden die Ansteuerzeit und die Pausenzeit in den Perioden gleich groß gewählt, während sich die Ansteuerzeit über etwa  $2/3$  der Periode ( $P$ ) erstreckt.

Die Taktfrequenz für die Pulsweitenmodulation wird über dem Hörbereich des Menschen, z. B. 20 kHz, gewählt.

Die Vergrößerung der Ansteuerzeit wird dadurch vorgenommen, daß sich die Einschaltdauer unmittelbar an den Anfangszeitabschnitt anschließt und sich mehr oder weniger über den Endzeitabschnitt erstreckt oder daß sich die Einschaltdauer sich mehr oder weniger in den zugeordneten Anfangszeitabschnitt der Periode erstreckt.

Die Ansteuerschaltung mit den so angesteuerten Leistungsendstufen kann nicht nur für einen elektronisch kommutierten Motor eingesetzt werden, es lassen sich damit auch andere Verbraucher mit entsprechend reduzierten Schaltverlusten und erhöhtem Wirkungsgrad steuern und regeln.

Die Erfindung wird anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1** ein Zeitdiagramm der Ansteuerung mit den verwendeten Bezeichnungen,

**Fig. 2** das Zeitdiagramm einer Ansteuerung mit Pulsweitenmodulation,

**Fig. 3** das Ansteuerdiagramm für vier Leistungsendstufen zum Ansteuern von vier Wicklungssträngen eines elektronisch kommutierten Motors,

**Fig. 4** die dazugehörige Ansteuerschaltung und

**Fig. 5** das Leistungsschaltbild der bekannten und erfindungsgemäßen Ansteuerschaltungen.

Wie die **Fig. 1** zeigt, werden die Leistungsendstufen periodisch angesteuert, wobei die Periode  $P$  eine Ansteuerzeit  $T_a$  und eine Pausenzeit  $T_p$  umfaßt. Im gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Ansteuerzeit  $T_a$  und die Pausenzeit  $T_p$  gleich groß. Die Ansteuerzeit  $T_a$  selbst ist in einen Anfangszeitabschnitt  $T_1$  und einen Endzeitabschnitt  $T_2$  unterteilt. Der Anfangszeitabschnitt  $T_1$  beginnt jeweils bei einer Zeit  $t_1$  und erstreckt sich bis zu einer Zeit  $t_2$ . An den Anfangszeitabschnitt  $T_1$  schließt sich der Endzeitabschnitt  $T_2$  unmittelbar an, so daß dieser von der Zeit  $t_2$  bis zur Zeit  $t_3$  reicht, die das Ende des Endzeitabschnittes  $T_2$  anzeigt.

Ist die Motorbelastung so, daß nur kleine Motorströme bis zu einem vorgegebenen Stromwert erforderlich sind, dann werden in dem Anfangszeitabschnitt  $T_1$  mittels Pulsweitenmodulation (PWM) die Leistungsendstufen getaktet, wie **Fig. 2** zeigt. Dabei wird im Arbeitsbereich die Pulsweite mit zunehmendem Strom vergrößert. Der Endzeitabschnitt  $T_2$  bleibt stromlos. Übersteigt der erforderliche Strom den vorgegebenen Stromwert, dann wird im Anfangszeitabschnitt  $T_1$  vollständig durchgesteuert, und unmittelbar an die Zeit  $t_2$  schließt sich eine Einschaltdauer  $T_e$  an, in der die Leistungsendstufen  $TT_1$  bis  $TT_4$  ebenfalls vollständig durchgeschaltet werden, wie **Fig. 3** zeigt. Die Einschaltdauer  $T_e$  nimmt mit zunehmendem Strombedarf zu, bis sie schließlich den gesamten Endzeitabschnitt  $T_2$  umfaßt. Wie aus **Fig. 3** zu entnehmen ist, werden die Perioden  $P$  von z. B. 4 Leistungsendstufen  $TT_1$  bis  $TT_4$  zeitlich so versetzt, daß sich die Anfangszeitabschnitt  $T_1$  jeweils z. B. 10% überlappen. Wenn dann nur etwa 90% der Anfangszeitabschnitte  $T_1$  mittels Pulsweitenmodulation getaktet werden, dann überlappen sich die Ströme der einzelnen Leistungsendstufen nicht, und im Gesamtstrom tritt auch keine Lücke auf. Bei anderer Anzahl von Leistungsendstufen wird in ähnlicher Weise

verfahren.

Die Ansteuerung der Leistungsendstufen TT1 bis TT4 kann wie Fig. 4 zeigt, auch bei kleinen Motorströmen in den Endzeitabschnitt T2 der Ansteuerzeit mit Pulsweitenmodulation (PWM) erfolgen, wobei mit zunehmendem kleinem Motorstrom die Pulsbreite zunimmt. Wird ein vorgegebener Motorstrom erreicht, dann werden die Leistungsendstufen TT1 bis TT4 in den Endzeitschnitten T2 vollständig durchgeschaltet und mit weiter zunehmendem Motorstrom wird eine zusätzliche Einschaltdauer  $T_e$  im Anfangszeitabschnitt T1 hinzugenommen, in der die Leistungsendstreifen TT1 bis TT4 ebenfalls vollständig durchgeschaltet werden. Dabei kann bei gleicher Dauer des Anfangszeitabschnitts T1 und des Endzeitabschnitts T2 mit einem Viertel der Periodendauer P die zusätzliche Einschaltdauer  $T_e$  maximal ein Viertel der Periodendauer P betragen.

Die zusätzliche Einschaltdauer  $T_e$  schließt sich jetzt nicht mehr an das Ende des Anfangszeitabschnitts T1, wie bei Fig. 3, sondern an den Anfang des Endzeitabschnitts T2 unmittelbar an.

Fig. 5 zeigt eine Ansteuerschaltung für vier Leistungsendstufen TT1 bis TT4, die einen MOS-FET-Transistor aufweisen, in dessen Ausgangskreis jeweils ein Wicklungsstrang L1 bis L4 eines elektronisch kommutierten Motors angeordnet ist. Die Wicklungsstränge L1 bis L4 sind abwechselnd gegensinnig gewickelt, so daß die Stromrichtung gleich sein kann. Die Ansteuerschaltung wird von einer Batterie (GND-UBAT) gespeist, deren Spannung mit einem Kondensator C1 geglättet ist. Den vier Steuerelektroden der MOS-FET-Transistoren werden die in Fig. 3 gezeigten Ansteuerströme entsprechend zeitlich versetzt zugeführt.

In dem Diagramm nach Fig. 5 ist die Verlustleistung in einer Leistungsendstufe in Abhängigkeit von der Aussteuerung gezeigt. Dabei bedeutet der Wert 1 eine vollständige Durchschaltung der Leistungsendstufe bei Vollast und der Wert 100 bei der Verlustleistung eine Bezugsgröße, die der Ansteuerung im unbelasteten Betrieb bei Vollast entspricht, wie die voll ausgezogene Kennlinie zeigt. Wird über die gesamte Ansteuerzeit  $T_a$  mittel Pulsweitenmodulation getaktet, dann erhält man die strichpunktierte Verlustkennlinie mit einer erhöhten Verlustleistung bei hohen Strömen. Bei der erfindungsgemäßen Arbeitsweise wird schließlich die gestrichelte Kennlinie erhalten. Der mit  $N_v$  bezeichnete und schraffierte Bereich der Verlustleistung tritt bei der erfindungsgemäßen Ansteuerung gegenüber der in der gesamten Ansteuerzeit getakteten Arbeitsweise nicht auf. Damit wird die Belastung der Leistungsendstufen gerade im Bereich großer Ströme reduziert und der Wirkungsgrad des Motors erhöht. Die Kennlinie überschreitet die Verlustleistung des ungetakteten Betriebes nicht, ist bei hohen Strömen günstig und erreicht erst bei der Vollast den Verlustwert 100. Die Ansteuerschaltung nach der Erfindung kann auch zur Ansteuerung anderer Verbraucher mit gleichen Vorteilen verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Elektronisch kommutierter Motor mit einem mehrere Wicklungsstränge tragenden Stator und einem Rotor, bei dem die Ansteuerung der einzelnen Wicklungsstränge über Leistungsendstufen in zeitlich versetzten Perioden erfolgt, die in Ansteuerzeit und Pausenzeit unterteilt sind, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ansteuerzeiten ( $T_a$ ) in einen Anfangszeitabschnitt (T1 von t1 bis t2) und einen Endzeitabschnitt (T2, t2 bis t3) unterteilt sind, daß bei kleinen Motorströmen die Leistungsendstufen (TT1 bis TT4) in den Anfangszeitabschnitten (von t1

bis t2) nur mittels Pulsweitenmodulation (PWM) getaktet werden und

daß bei hohen Motorströmen die Leistungsendstufen (TT1 bis TT4) in den gesamten Anfangszeitabschnitten (T1) und zusätzlich in den Endzeitabschnitt (T2) mehr oder weniger großer Einschaltdauer ( $T_e$ ) vollständig durchgeschaltet werden.

2. Elektronisch kommutierter Motor mit einem mehrere Wicklungsstränge tragender Stator und einem Rotor, bei dem die Ansteuerung der einzelnen Wicklungsstränge über Leistungsendstufen in zeitlich versetzten Perioden erfolgt, die in Ansteuerzeit und Pausenzeit unterteilt sind, dadurch gekennzeichnet,

daß die Ansteuerzeiten ( $T_a$ ) in einen Anfangszeitabschnitt (T1) und einen Endzeitabschnitt (T2) unterteilt sind,

daß bei kleinen Motorströmen die Leistungsendstufen (TT1, TT2, TT3, TT4) in den Endzeitabschnitten (T2) mittels Pulsweitenmodulation (PWM) getaktet werden und

daß bei hohen Motorströmen die Leistungsendstufen (TT1, TT2, TT3, TT4) in den gesamten Endzeitabschnitten (T2) und zusätzlich in den Anfangszeitabschnitten (T2) mit mehr oder weniger großer Einschaltdauer ( $T_e$ ) vollständig durchgeschaltet werden.

3. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

daß die Bereiche mit kleinen und hohen Motorströmen durch Vorgabe eines bestimmten Stromwertes unterschieden sind,

daß mit zunehmendem kleinem Strom die Pulsweite erhöht wird und

daß mit zunehmendem hohem Strom die Einschaltdauer ( $T_e$ ) vergrößert wird.

4. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Ansteuerzeiten ( $T_a$ ) der Perioden (P) für die Leistungsendstufen (TT1 bis TT4) mit ihren Anfangszeitabschnitten (T1) überlappen und nur in den nichtüberlappenden Teilabschnitten getaktet werden.

5. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Endzeitabschnitte (T2) der Perioden (P) zeitlich unmittelbar aneinanderreihen.

6. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerzeit ( $T_a$ ) und die Pausenzeit ( $T_p$ ) gleich groß sind.

7. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Ansteuerzeit ( $T_a$ ) etwa über 2/3 der Periode (P) erstreckt.

8. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Taktfrequenz für die Pulsweitenmodulation (PWM) über dem Hörbereich des Menschen (z. B. 20 kHz) gewählt ist.

9. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Einschaltdauer ( $T_e$ ) unmittelbar an den Anfangszeitabschnitt (T1 von t1 bis t2) anschließt und sich mehr oder weniger über den Endzeitabschnitt (T2 von t2 bis t3) erstreckt.

10. Elektronisch kommutierter Motor nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Einschaltdauer ( $T_e$ ) mehr oder weniger in den zugeordneten Anfangszeitabschnitt (T1) der Periode erstreckt.

11. Elektronisch kommutierter Motor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß als

Leistungsendstufen (TT1 bis TT4) MOS-FET-Transistoren verwendet sind.

12. Steuergerät für Verbraucher unter Verwendung von Leistungsendstufen (TT1 bis TT4) die entsprechend einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 ansteuerbar sind. 5

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

10

15

20

25

30

35

40

45

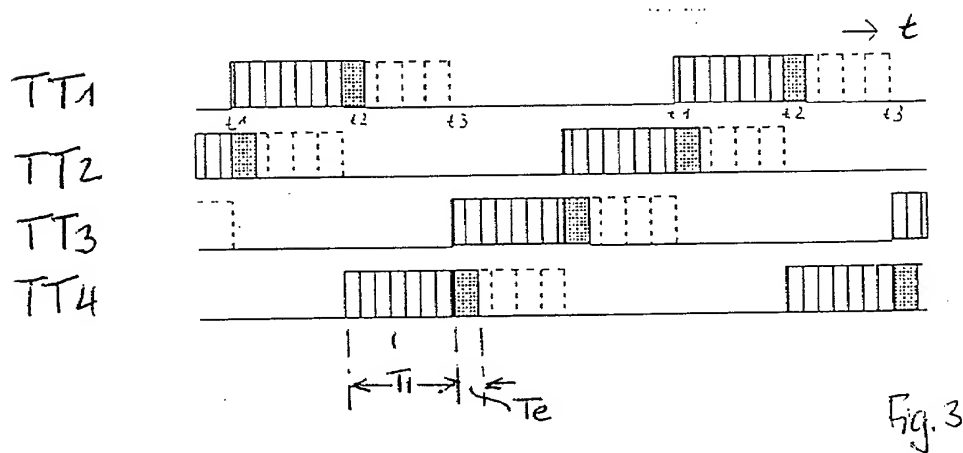
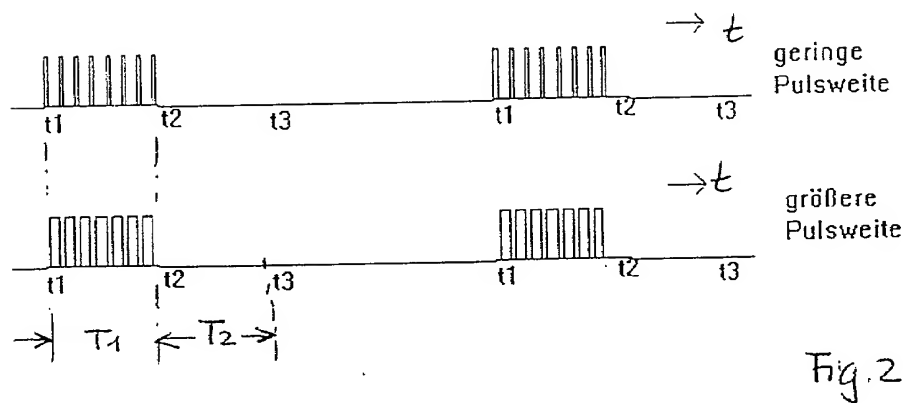
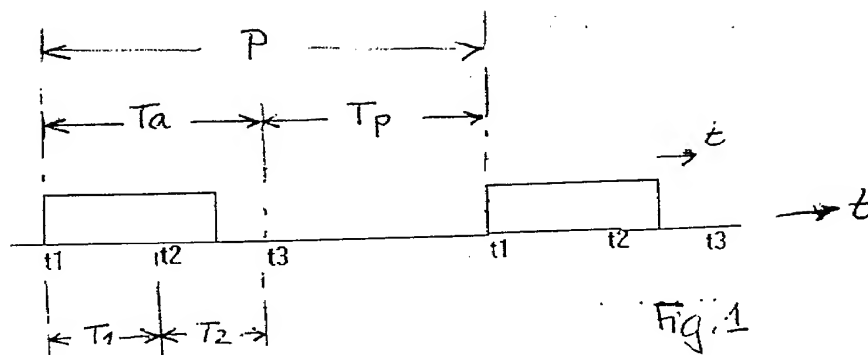
50

55

60

65

- Leerseite -



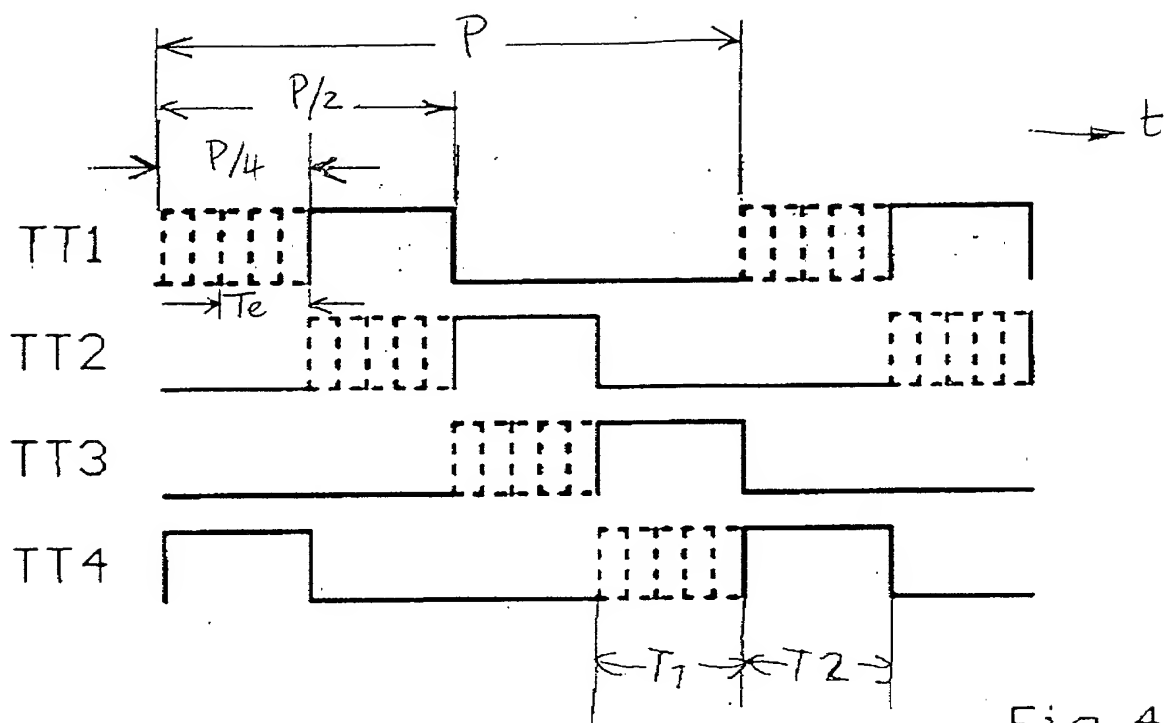


Fig. 4

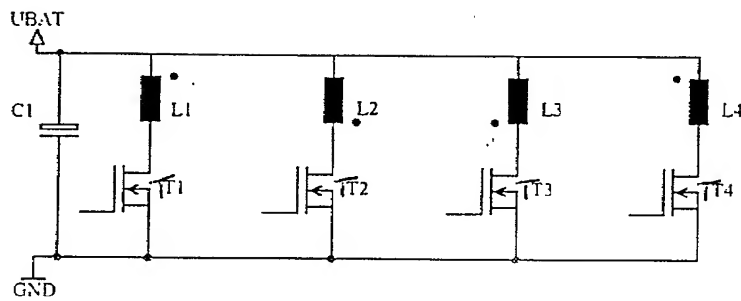


Fig. 5

Verlustleistung in  
der Leistungsendstufe

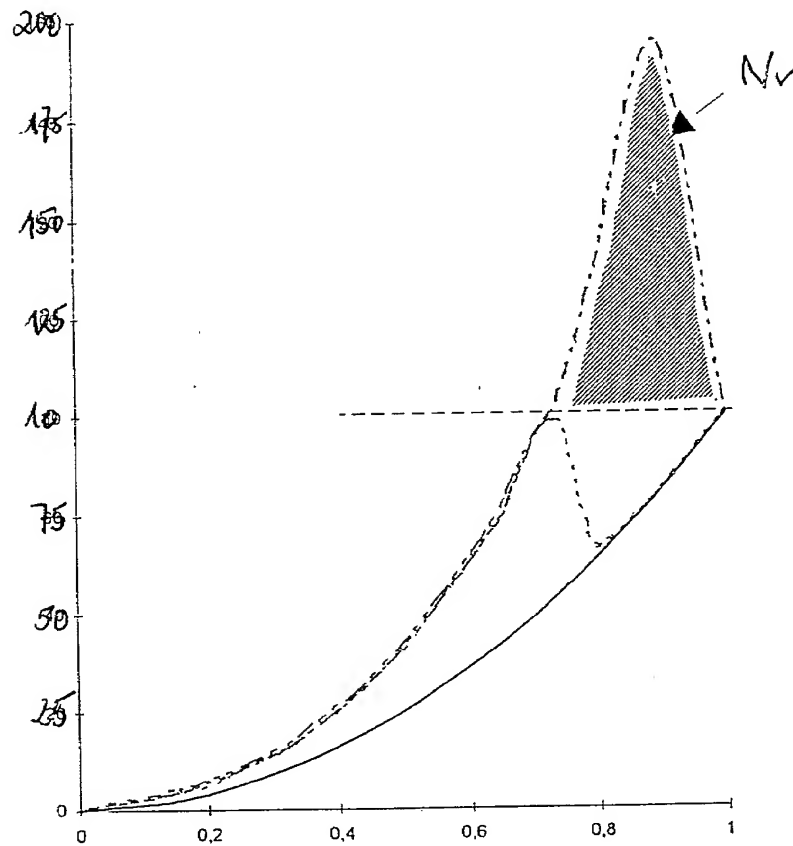


Fig. 6